

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-253726

(43)Date of publication of application : 18.09.2001

(51)Int.Cl. C03B 37/012
 C03B 37/027
 C03C 13/04
 G02B 6/00
 G02B 6/22

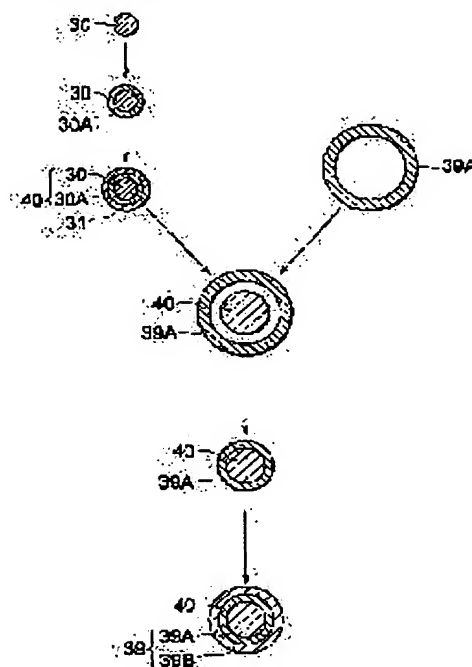
(21)Application number : 2000-067462 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD
 (22)Date of filing : 10.03.2000 (72)Inventor : ONISHI MASASHI
 HIRANO MASAOKI

(54) METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL FIBER PREFORM, OPTICAL FIBER PREFORM, METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL FIBER AND OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing an optical fiber preform which is small in the specific circular rate of shapes of respective parts at a section.

SOLUTION: A rod 40 is formed by manufacturing a core part 30 added with GeO₂, forming a supporting part 30A substantially consisting of pure silica glass around the core part 30 and forming a first clad part 31 mixed with an F element around the supporting part 30A. The rod 40 is inserted into an outer clad pipe 39A which is ought to constitute an outer clad part 31. The rod 40 and the outer clad pipe 39A are integrated by heating and are stretched, by which the outer clad pipe 39A is formed as the outer clad part 39. Further, the circumference of the outer clad part 39 is jacketed, by which the optical fiber preform is manufactured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開
特開2001-2
(P2001-253)

(43) 公開日 平成13年9月18日

(51) Int. CL ⁷	識別記号	F I	ページ
C 0 3 B 37/012		C 0 3 B 37/012	A 2
37/027		37/027	A 4
C 0 3 C 13/04		C 0 3 C 13/04	4
G 0 2 B 6/00	3 5 6	G 0 2 B 6/00	3 5 6 A
6/22		6/22	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L			

(21) 出願番号 特願2000-67462(P2000-67462)

(22) 出願日 平成12年3月10日(2000.3.10)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目

(72) 発明者 大西 正志

神奈川県横浜市栄区田谷町1丁目

電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 平野 正晃

神奈川県横浜市栄区田谷町1丁目

電気工業株式会社横浜製作所内

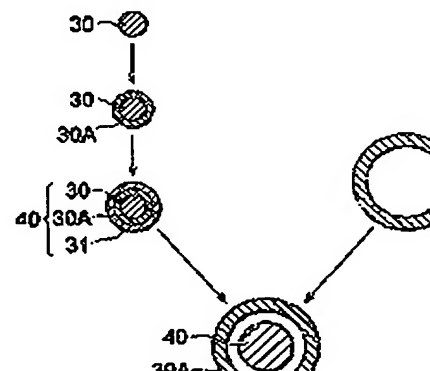
(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ母材製造方法、光ファイバ母材、光ファイバ製造方法および光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 断面における各部の形状の比円率が小さい光ファイバ母材を製造する方法を提供する。

【解決手段】 GeO_2 が添加されたコア部30を作製し、このコア部30の周囲に実質的に純シリカガラスからなるサポート部30Aを形成し、このサポート部30Aの周囲にF元素が添加された第1クラッド部31を形成して、これをロッド40とする。外側クラッド部39となるべき外側クラッドパイプ39Aにロッド40を挿入して、ロッド40および外側クラッドパイプ39Aを

(2)

特開2001-253726

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 GeO_2 が添加されたコア部（屈折率 n_0 ）と、このコア部を取り囲みF元素が添加された第1クラッド部（屈折率 n_1 ）と、この第1クラッド部を取り囲む外側クラッド部（屈折率 $n_{0.1}$ 、ただし、 $n_0 > n_{0.1} > n_1$ ）とを、少なくとも有するシリカベースの光ファイバ母材を製造する方法であって、

実質的に純シリカガラスからなるサポート部が前記コア部と前記第1クラッド部との間に設けられたロッドを作製するロッド作製工程と、前記外側クラッド部となるべき外側クラッドパイプに前記ロッドを挿入して前記外側クラッドパイプおよび前記ロッドを加熱一体化する加熱

一体化工程とを備え、製造後に得られた光ファイバ母材において前記サポート部の厚みを前記コア部の半径の1/2以下とすることを特徴とする光ファイバ母材製造方法。

【請求項2】 GeO_2 が添加されたコア部（屈折率 n_0 、外径2a）と、このコア部を取り囲み実質的に純シリカガラスからなるサポート部（外径2b、ただし、 $b - a \leq a/2$ ）と、このサポート部を取り囲みF元素が添加された第1クラッド部（屈折率 n_1 ）と、この第1クラッド部を取り囲む外側クラッド部（屈折率 $n_{0.1}$ 、ただし、 $n_0 > n_{0.1} > n_1$ ）とを、少なくとも有することを特徴とするシリカベースの光ファイバ母材。

【請求項3】 前記第1クラッド部と前記外側クラッド部との間に第2クラッド部（屈折率 n_2 、ただし、 $n_0 > n_2 > n_{0.1} > n_1$ ）を更に有することを特徴とする請求項2記載の光ファイバ母材。

【請求項4】 前記第2クラッド部と前記外側クラッド部との間に第3クラッド部（屈折率 n_3 、ただし、 $n_0 > n_3 > n_{0.1} > n_2 > n_1$ ）を更に有することを特徴とする請求項3記載の光ファイバ母材。

【請求項5】 前記外側クラッド部は、前記第1クラッド部に添加されたF元素の濃度より低い濃度のF元素が添加されていることを特徴とする請求項2記載の光ファイバ母材。

【請求項6】 前記外側クラッド部は、純シリカガラスに対する屈折率差が0.05%以上となる濃度のC1元素が添加されていることを特徴とする請求項2記載の光ファイバ母材。

【請求項7】 請求項2記載の光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造することを特徴とする光ファイバ製造方法。

【請求項8】 前記光ファイバ母材を線引する際の線引張力は147N/mm²以上であることを特徴とする請求項7記載の光ファイバ製造方法。

【請求項9】 請求項7記載の光ファイバ製造方法を用いて製造されたことを特徴とする光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ母材およびその製造方法ならびに光ファイバおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバの屈折率プロファイルは、種々のものが知られており、所望の特性を奏するよう適切に設計される。例えば、波長1.55μmで波長分散が負であるような分散補償光ファイバは、図7に屈折率プロファイルを示すように、光軸中心から順にコア領域（屈折率 n_0 ）、第1クラッド領域（屈折率 n_1 ）および外側クラッド領域（屈折率 $n_{0.1}$ ）を有し、各屈折率の大小関係が $n_0 > n_{0.1} > n_1$ である。

【0003】 このような屈折率プロファイルを有する光ファイバは、図8に示す工程で製造される。すなわち、(1) GeO_2 が添加されたシリカのコアロッド（光ファイバのコア領域となるべきもの）10を作製し、(2) F元素が添加されたシリカの第1クラッドパイプ（光ファイバの第1クラッド領域となるべきもの）11を作製し、(3) 通常は純シリカガラスからなる外側クラッドパイプ（光ファイバの外側クラッド領域となるべきもの）19を作製する。

【0004】 そして、(4) コアロッド10を第1クラッドパイプ11の中に挿入して両者を加熱一体化して延伸してロッド20を形成し、(5) このロッド20を外側クラッドパイプ19の中に挿入して両者を加熱一体化して延伸し、(6) この一体化されて延伸されたものにジャケット付けすることで光ファイバ母材を製造し、(7) この光ファイバ母材を線引することで光ファイバを製造する。上記の(6)の工程で製造された光ファイバ母材は、光ファイバの屈折率プロファイルと同様の屈折率プロファイルを有しており、光軸中心から順にコア部（屈折率 n_0 ）、第1クラッド部（屈折率 n_1 ）および外側クラッド部（屈折率 $n_{0.1}$ ）を有し、各屈折率の大小関係が $n_0 > n_{0.1} > n_1$ である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記の光ファイバ製造方法は以下のような問題点を有していることを本願発明者は見出した。図9は、従来の光ファイバ製造方法の問題点の説明図である。この図は、ロッド20を外側クラッドパイプ19の中に挿入して両者を加熱一体化する工程（上記の(5)の工程）において、中心軸を含む面で切断したときのロッド20および外側クラッドパイプ19の断面を示している。同図(a)は、中心軸を垂直にして加熱一体化する縦型プロセスを示し、同図(b)は、中心軸を水平にして加熱一体化する横型プロセスを示す。これらの図に示すように、外側クラッドパイプ19の周囲に設けられる円環状のヒータ1による加熱により、ロッド20および外側クラッドパイプ19が加熱されて両者が一体化される。

【0006】 このとき、ロッド20は、 GeO_2 やF元

(3)

特開2001-

3

4

素が比較的高濃度に添加されたシリカガラスであり、軟化点が比較的低く、粘性が比較的低い。これに対して、外側クラッドパイプ19は、純シリカガラス（または、不純物が比較的低濃度に添加されたシリカガラス）であるので、軟化点が比較的高く、粘性が比較的高い。したがって、互いに粘性が異なるロッド20および外側クラッドパイプ19を加熱すると、粘性が低いロッド20は自重等により変形する。この変形の結果、図示するように光ファイバ母材の断面における各部の形状は非円化し、ひいては、この光ファイバ母材を線引して得られる光ファイバの断面における各領域の形状も非円化するので、この光ファイバの偏波モード分散等の光学特性は劣化する。

【0007】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、断面における各部の形状の非円率が小さい光ファイバ母材、このような光ファイバ母材を製造する方法、断面における各領域の形状の非円率が小さい光ファイバ、および、このような光ファイバを製造する方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光ファイバ母材製造方法は、 GeO_2 が添加されたコア部（屈折率 n_0 ）と、このコア部を取り囲むF元素が添加された第1クラッド部（屈折率 n_1 ）と、この第1クラッド部を取り囲む外側クラッド部（屈折率 $n_{0.5}$ 、ただし、 $n_0 > n_{0.5} > n_1$ ）とを、少なくとも有するシリカベースの光ファイバ母材を製造する方法であって、実質的に純シリカガラスからなるサポート部がコア部と第1クラッド部との間に設けられたロッドを作製するロッド作製工程と、外側クラッド部となるべき外側クラッドパイプにロッドを挿入して外側クラッドパイプおよびロッドを加熱一体化する加熱一体化工程とを備え、製造後に得られた光ファイバ母材においてサポート部の厚みをコア部の半径の1/2以下とすることを特徴とする。

【0009】この光ファイバ製造方法によれば、実質的に純シリカガラスからなるサポート部がコア部と第1クラッド部との間に設けられたロッドが外側クラッドパイプに挿入されて、これら外側クラッドパイプおよびロッドが加熱一体化され、さらにジャケット付けされて、光ファイバ母材が製造される。ロッド内に設けられた線シ

、ただし、 $n_0 > n_{0.5} > n_1$ ）とを、することを特徴とする。この光ファイバ母材製造方法により製造された円率が小さい。

【0011】なお、第1クラッド部と外側クラッド部の間に第2クラッド部（屈折率 n_2 、ただし、 $n_{0.5} > n_2$ ）を更に有していてもよい。第2クラッド部と外側クラッド部との間に第3クラッド部（屈折率 n_3 、ただし、 $n_2 > n_3 > n_{0.5}$ ）を更に有していてもよい。これら何れの光ファイバも、上記の光ファイバ母材製造方法により製造された円率が小さい。

【0012】本発明に係る光ファイバ母材製造方法は、第1クラッド部に添加されたF元素の濃度が比較的低い濃度のF元素が添加されている。また、外側クラッド部は、純シリカガラスであり、屈折率差が0.05%以上となる濃度のF元素が添加されていることを特徴とする。これらにより、外側クラッド部の粘性が低下する。したがって、線引時に付与された線引張力は、光ファイバの断面に集中することなく、粘性が高いサポート領域に残留するので、サポート領域の屈折率低下が好適である。

【0013】本発明に係る光ファイバ製造方法は、光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造する。この光ファイバ製造方法の際に付与された線引張力は、粘性が高いサポート領域に集中して残留し、この残留応力によりサポート領域の屈折率が低下する。特に、光ファイバを線引する際の線引張力は147 N/mm²以下と好適であり、この場合には、所望の屈折率を有し非円率が小さい光ファイバ（すなわち、光学特性を有する光ファイバ）を製造する。

【0014】本発明に係る光ファイバは、上記の光ファイバ製造方法を用いて製造されたことを特徴とする。この光ファイバは、所望の屈折率プロファイルと、非円率が小さく、偏波モード分散が小さい。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、

(4)

特開2001-

5

5

Aの周囲にF元素が添加された第1クラッド部31を形成して、これをロッド40とする。このロッド40は、OVD法やVAD法により作製される。

【0017】一方、外側クラッド部39となるべき外側クラッドパイプ39Aを用意する。この外側クラッドパイプ39Aは、純シリカガラスであってもよいし、第1クラッド部31に添加されたF元素の濃度より低い濃度のF元素が添加されているのも好適であり、また、純シリカガラスに対する比屈折率差が0.05%以上となる濃度のC1元素が添加されているのも好適である。

【0018】そして、ロッド40を外側クラッドパイプ39Aに挿入して、ロッド40および外側クラッドパイプ39Aを加熱一体化して延伸し、更にその周囲にOVD法またはVAD法によりジャケット付けして、外側クラッドパイプ39Aとジャケット付けした部分39Bとを外側クラッド部39として、光ファイバ母材を製造する。

【0019】図2は、本実施形態に係る光ファイバ母材の屈折率プロファイルを示す図である。この光ファイバ母材は、上記の光ファイバ母材製造方法により製造されたものである。この図に示すように、この光ファイバ母材は、光軸中心から順に、GeO₂が添加されたコア部30（屈折率 n_0 、外径2a）、実質的に純シリカガラスからなるサポート部30A（屈折率 n_s 、外径2b）、F元素が添加された第1クラッド部31（屈折率 n_1 、外径2c）および外側クラッド部39（屈折率 n_{99} ）を備える。外側クラッド部39は、純シリカガラスであり、或いは、第1クラッド部31に添加されたF元素の濃度より低い濃度のF元素が添加されており、或いは、純シリカガラスに対する比屈折率差が0.05%以上となる濃度のC1元素が添加されている。各屈折率の大小関係は $n_0 > n_{99} > n_1$ である。また、サポート部30Aの厚み（ $b-a$ ）は、コア部30の半径aの1/2以下である。すなわち、 $b-a \leq a/2$ である。なお、サポート部30Aの厚みがコア部30の半径aの1/2を超えると、得られる光ファイバの波長分散等の特性を所望のものとすることが困難となる。

【0020】図3は、加熱一体化後の光ファイバ母材の非円率とサポート部30Aの厚みとの関係を示すグラフである。ここでは、ロッド40の外径を12mmとし、

られる光ファイバの偏波モード分散PMDは、ロッド40内に設けられた純シリカサポート部30Aの粘性が高いことかの際のロッド40の変形を防止できること、サポート部30Aの厚みが大きいほど、光ファイバ母材を繰引して得られる光ファイバの計値との差が大きくなる。そこで、得られる光学特性と設計値との差を小さくする。部30Aの厚みをコア部30の半径の1/2のものが好適である。光ファイバは、このを繰引することによって製造される。図4は、サポート部30Aの比屈折率差と繰引張力とのグラフである。ここでは、光ファイバ母材の屈折率差を2%とし、サポート部30Aの比屈折率差を0.4%とし、第1クラッド部31の比屈折率差を0.1%とした。光ファイバのコア領域材のコア部30に相当）の外径を2μm領域（光ファイバ母材のサポート部30Aに相当）の外径を3μmとし、第1クラッド領域（光ファイバ母材の第1クラッド部31に相当）の外径を5μmとし、外側クラッド領域（光ファイバ母材の外側クラッド部39に相当）の外径を125μmとした。

【0022】このグラフから判るように、光ファイバのサポート領域の比屈折率差が小さくなる。これは、繰引の際に付与される粘性が高いサポート領域に冷却時に集中する残留応力に因りサポート領域の屈折率に因る。光ファイバのサポート領域の屈折率を下させるには、この繰引張力は147N/mm²（147N/kg/mm²）以上であるのが好適である。光ファイバ母材を高張力で繰引する7に示した屈折率プロファイルを有する。すなわち、所望の光学特性を有する光ファイバを作製することができる。

【0023】なお、第1クラッド部31にF元素の濃度より低い濃度のF元素が外側に添加されている場合や、また、純シリカに対する比屈折率差が0.05%以上となる濃度のC1元素が添加されている場合、外側クラッド部39の粘性が低下する。したが

(5)

特開2001-

7

8

材の屈折率プロファイルを示す図である。この図に示した屈折率プロファイル有する光ファイバ母材は、図2に示したものと比較すると、第1クラッド部31と外側クラッド部39との間に第2クラッド部32（屈折率 n_2 、外径 $2d$ ）を更に有している。各屈折率の大小関係は、 $n_c > n_2 > n_{out} > n_1$ である。この光ファイバ母材は、コア部30、サポート部30A、第1クラッド部31および第2クラッド部32を含むロッドを作製し、このロッドを外部クラッドパイプ（外部クラッド39となるべきもの）に挿入して加熱一体化して延伸し、さらにジャケット付けすることで製造される。このようにして製造される光ファイバ母材（これを線引して得られる光ファイバ）も非円率が小さいものとなる。

【0026】図6は、他の実施形態に係る光ファイバ母材の屈折率プロファイルを示す図である。この図に示した屈折率プロファイル有する光ファイバ母材は、図5に示したものと比較すると、第2クラッド部32と外側クラッド部39との間に第3クラッド部33（屈折率 n_3 、外径 $2e$ ）を更に有している。各屈折率の大小関係は、 $n_c > n_2 > n_{out} > n_3 > n_1$ である。この光ファイバ母材は、コア部30、サポート部30A、第1クラッド部31、第2クラッド部32および第3クラッド部33を含むロッドを作製し、このロッドを外部クラッドパイプ（外部クラッド39となるべきもの）に挿入して加熱一体化して延伸し、さらにジャケット付けすることで製造される。このようにして製造される光ファイバ母材（これを線引して得られる光ファイバ）も非円率が小さいものとなる。

【0027】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光ファイバ母材製造方法によれば、実質的に純シリカガラスからなるサポート部がコア部と第1クラッド部との間に設けられたロッドが外部クラッドパイプに挿入されて、これら外部クラッドパイプおよびロッドが加熱一体化され、さらにジャケット付けされて、光ファイバ母材が製造される。ロッド内に設けられた純シリカガラスからなるサポート部の粘性が高いことから、加熱一体化の際のロッドの変形が防止されるので、製造された光ファイバ母材の非円率は小さくなる。

【0028】本発明に係る光ファイバ母材は、上記の光

た、純シリカガラスに対する比屈折率差 Δn となる濃度のC！元素が添加されている。これらの場合には、外側クラッド部39。したがって、線引の際に付与された光ファイバの外側クラッド領域に集中する。高いサポート領域に集中して残留する。領域の屈折率を低下させる上で好適である。

【0029】本発明に係る光ファイバ母材の光ファイバ母材を線引して光ファイバであり、これによれば、線引の際に付与は、粘性が高いサポート領域に冷却時に。し、この残留応力に因りサポート領域の。特に、光ファイバ母材を線引する際、 4.7 N/mm^2 以上であるのが好適でありは、所望の屈折率プロファイルを有し非円率（すなわち、所望の光学特性を）を製造することができる。

【0030】また、本発明に係る光ファイバ母材製造方法を用いて製造される光ファイバの屈折率プロファイルを有し、非円率が分散が小さい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る光ファイバ母材の概略図である。

【図2】本実施形態に係る光ファイバ母材の屈折率プロファイルを示す図である。

【図3】加熱一体化後の光ファイバ母材のサポート部の厚みとの関係を示すグラフである。

【図4】線引後のサポート部の比屈折率との関係を示すグラフである。

【図5】光ファイバ母材の屈折率プロファイルである。

【図6】光ファイバ母材の屈折率プロファイルである。

【図7】光ファイバの屈折率プロファイルである。

【図8】光ファイバ母材の製造工程の説明図である。

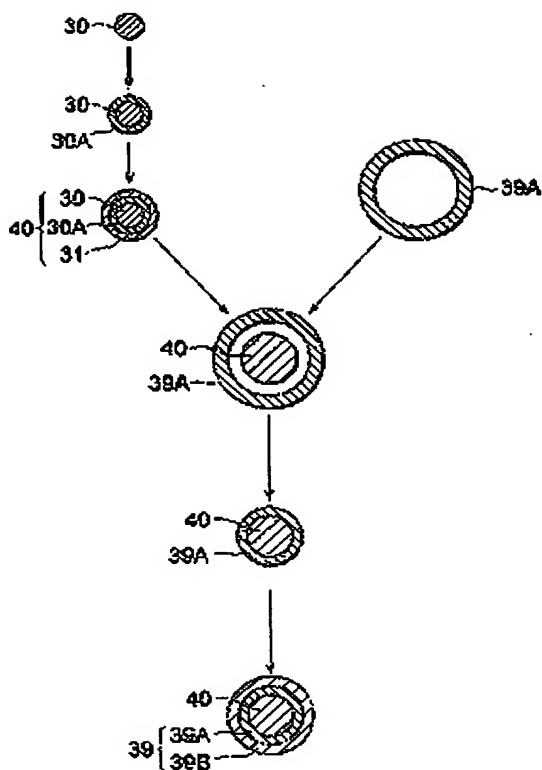
【図9】従来の光ファイバ製造方法の問題点である。

【符号の説明】

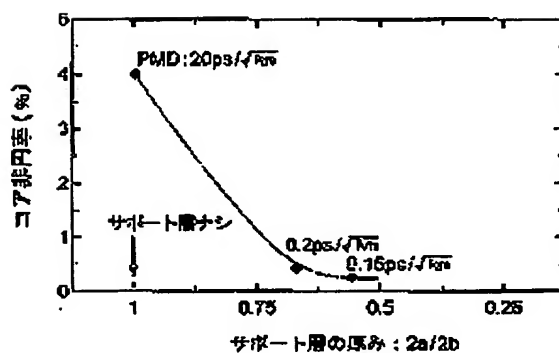
(5)

特開2001-

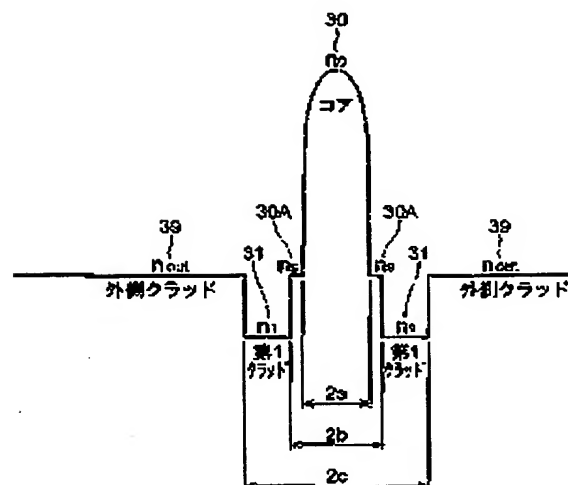
【図1】



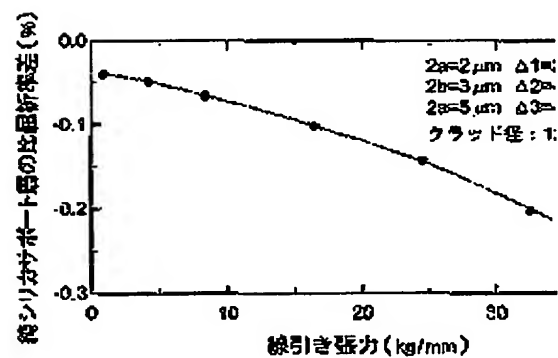
【図3】



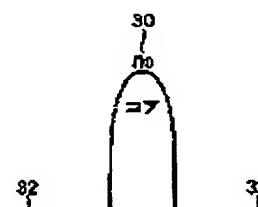
【図2】



【図4】



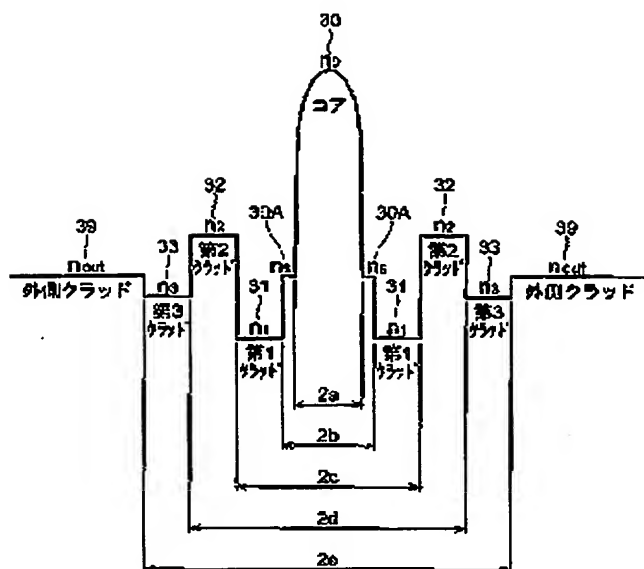
【図5】



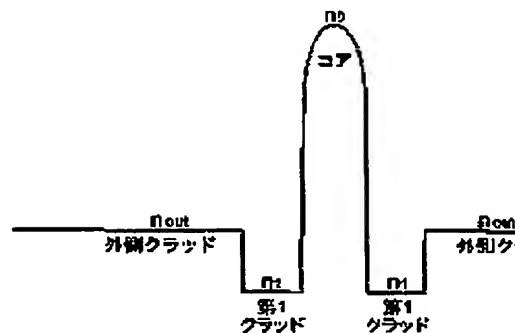
(7)

特開2001-

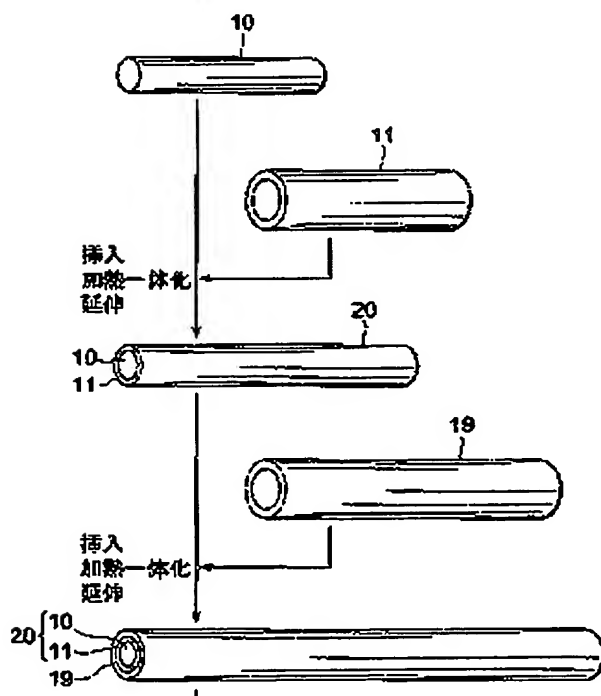
【図6】



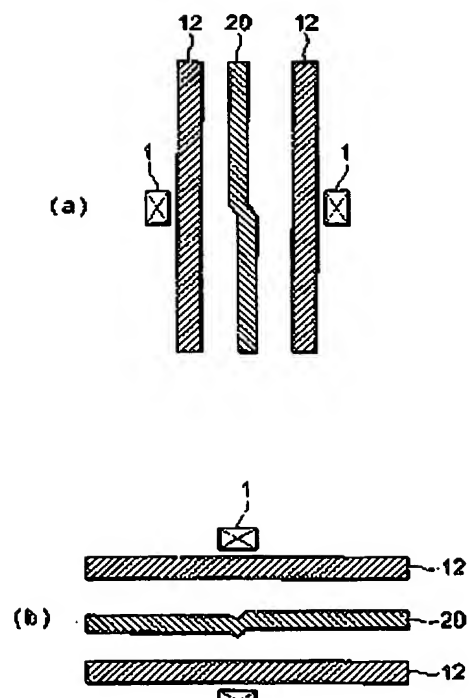
【図7】



【図8】



【図9】



(8)

特開2001-

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H05G AA09 AB05X AB10Y AC03
AC13 AC34 AC38
4G021 BA02 BA04 HA05
4G052 AA06 BB02 CC07 LA03 LB08
LB10 NN01

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an optical fiber preform, its manufacture approach, an optical fiber, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Various things are known, and the refractive-index profile of an optical fiber is appropriately designed so that a desired property may be done so. for example, a distributed compensation optical fiber [as / whose wavelength dispersion is negative on the wavelength of 1.55 micrometers] shows a refractive-index profile to drawing 7 -- as -- the order from an optical-axis core -- a core region (refractive index n_0), the 1st clad field (refractive index n_1), and an outside clad field (refractive index n_{out}) -- having -- size relation of each refractive index $n_0 > n_{out} > n_1$ it is .

[0003] The optical fiber which has such a refractive-index profile is manufactured at the process shown in drawing 8 . Namely, (1) The core rod (what should serve as a core region of an optical fiber) 10 of the silica by which GeO_2 was added is produced, and it is (2). The 1st clad pipe (what should serve as the 1st clad field of an optical fiber) 11 of a silica with which F element was added is produced, and it is (3). The outside clad pipe (what should serve as an outside clad field of an optical fiber) 19 which usually consists of pure silica glass is produced.

[0004] And (4) Insert a core rod 10 into 1st clad BAIPU 11, carry out heating unification, extend both, and a rod 20 is formed. (5) This rod 20 is inserted into outside clad BAIPU 19, heating unification is carried out, both are extended, and it is (6). An optical fiber preform is manufactured by carrying out jacket attachment to this thing unified and extended, and it is (7). An optical fiber is manufactured by carrying out wire drawing of this optical fiber preform. the refractive-index profile as the refractive-index profile of an optical fiber with the same optical fiber preform manufactured at the above-mentioned process of (6) -- having -- **** -- the order from an optical-axis core -- the core section (refractive index n_0), the 1st clad section (refractive index n_1), and the outside clad section (refractive index n_{out}) -- having -- size relation of each refractive index $n_0 > n_{out} > n_1$ it is .

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the invention-in-this-application person found out that the above-mentioned optical fiber manufacture approach had the following troubles. Drawing 9 is the explanatory view of the trouble of the conventional optical fiber

manufacture approach. This drawing shows the rod 20 when cutting in respect of a medial axis being included, and the cross section of outside clad BAIPU 19 in the process (the (5) above-mentioned processes) which inserts a rod 20 into outside clad BAIPU 19, and carries out the heating unification of both. This drawing (a) makes a medial axis perpendicular, shows the vertical mold process which carries out heating unification, and this drawing (b) levels a medial axis and it shows the horizontal-type process which carries out heating unification. As shown in these drawings, by heating at the heater 1 of the shape of a circular ring prepared in the perimeter of the outside clad pipe 19, a rod 20 and outside clad BAIPU 19 are heated, and both are unified.

[0006] At this time, GeO_2 and F element are the silica glass comparatively added by high concentration, a rod 20 has comparatively low softening temperature, and its viscosity is comparatively low. On the other hand, since the outside clad pipe 19 is pure silica glass (or silica glass with which the impurity was comparatively added by low concentration), its softening temperature is comparatively high and its viscosity is comparatively high. Therefore, if the rod 20 and the outside clad pipe 19 with which viscosity differs mutually are heated, the rod 20 with low viscosity will deform with a self-weight etc. Since the configuration of each part in the cross section of an optical fiber preform is formed into an un-circle as a result of this deformation so that it may illustrate, as a result the configuration of each field in the cross section of the optical fiber obtained by carrying out wire drawing of this optical fiber preform is also formed into an un-circle, optical properties, such as polarization mode dispersion of this optical fiber, deteriorate.

[0007] This invention is made in order to cancel the above-mentioned trouble, and it aims to let ***** of the configuration of each field in the approach ***** of the configuration of each part in a cross section manufactures a small optical fiber preform and such an optical fiber preform, and a cross section offer the approach of manufacturing a small optical fiber and such an optical fiber.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The core section by which, as for the optical fiber preform manufacture approach concerning this invention, GeO_2 was added (refractive index n_0), The 1st clad section which encloses this core section and by which F element was added (refractive index n_1), the outside clad section (a refractive index n_{out} -- however) which encloses this 1st clad section It is the approach of manufacturing the optical fiber preform of the silica base which has $n_0 > n_{out} > n_1$ at least. The rod making process with which the support section which consists of pure silica glass substantially produces the rod prepared between the core section and the 1st clad section, It has the heating unification process which inserts a rod in the outside clad pipe which should serve as the outside clad section, and carries out the heating unification of an outside clad pipe and the rod, and is characterized by making thickness of the support section or less [of the radius of the core section] into $1/2$ in the optical fiber preform obtained after manufacture.

[0009] According to this optical fiber manufacture approach, the rod with which the support section which consists of pure silica glass substantially was prepared between the core section and the 1st clad section is inserted in an outside clad pipe, the heating unification of these outsides clad pipe and the rod is carried out, jacket attachment is carried out further, and an optical fiber preform is manufactured. Since deformation of the rod in the case of heating unification is prevented from the viscosity of the support section which consists of

pure silica glass prepared in the rod being high, the non-circularity of the manufactured optical fiber preform becomes small.

[0010] The core section by which the optical fiber preform concerning this invention is the thing of the silica base, and GeO_2 was added (a refractive index n_0 , outer-diameter $2a$), The support section which encloses this core section and consists of pure silica glass substantially (outer-diameter $2b$, however $b-a \leq a/2$), It is characterized by having at least the 1st clad section (refractive index n_1) which encloses this support section and by which F element was added, and the outside clad section (a refractive index n_{out} , however $n_0 > n_{out} > n_1$) which encloses this 1st clad section. This optical fiber preform is manufactured by the above-mentioned optical fiber preform manufacture approach, and its non-circularity is small.

[0011] In addition, you may have further the 2nd clad section (a refractive index n_2 , however $n_0 > n_2 > n_{out} > n_1$) between the 1st clad section and the outside clad section, and may have further the 3rd clad section (a refractive index n_3 , however $n_0 > n_2 > n_{out} > n_3 > n_1$) between the 2nd clad section and the outside clad section. Any [these] optical fiber preform is manufactured by the above-mentioned optical fiber preform manufacture approach, and its non-circularity is small.

[0012] In the optical fiber preform concerning this invention, the outside clad section is characterized by adding F element of concentration lower than the concentration of F element added by the 1st clad section. Moreover, the outside clad section is characterized by adding Cl element of concentration with which the relative index difference over pure silica glass becomes 0.05% or more. The viscosity of the outside clad section falls in these cases. Therefore, since viscosity concentrates on a high support field and remains, without concentrating on the outside clad field of an optical fiber, the wire-drawing tension given on the occasion of wire drawing is suitable when reducing the refractive index of a support field.

[0013] The optical fiber manufacture approach concerning this invention is characterized by carrying out wire drawing of the above-mentioned optical fiber preform, and manufacturing an optical fiber. According to this optical fiber manufacture approach, to the support field where viscosity is high, it concentrates at the time of cooling, the wire-drawing tension given on the occasion of wire drawing remains at it, it is based on this residual stress, and the refractive index of a support field falls. It is suitable for especially the wire-drawing tension at the time of carrying out wire drawing of the optical fiber preform that it is two or more [147Ns/mm], in this case, it has a desired refractive-index profile and an optical fiber (namely, optical fiber which has a desired optical property) with small non-circularity can be manufactured.

[0014] The optical fiber concerning this invention is characterized by being manufactured using the above-mentioned optical fiber manufacture approach. This optical fiber has a desired refractive-index profile, its non-circularity is small, and its polarization mode dispersion is small.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to an accompanying drawing. In addition, in explanation of a drawing, the same sign is given to the same element, and the overlapping explanation is omitted. Below, the case where the optical fiber which has the refractive-index profile shown in drawing 7 is manufactured is mainly explained.

[0016] Drawing 1 is the process explanatory view of the optical fiber preform manufacture approach concerning this operation gestalt. This drawing shows each rod when cutting in respect of being perpendicular to a medial axis, and the cross section of each pipe. First, the core section 30 by which GeO_2 was added is produced, support section 30A which consists of pure silica glass substantially is formed in the perimeter of this core section 30, and the 1st clad section 31 in which F element was added around this support section 30A is formed, and let this be a rod 40. this rod 40 -- OVD -- it is produced by law and the vacuum arc heating decarbonizing process.

[0017] On the other hand, outside clad pipe 39A which should become the outside clad section 39 is prepared. You may be pure silica glass, and this outside clad pipe 39A is suitable also for F element of concentration lower than the concentration of F element added by the 1st clad section 31 being added, and it is also suitable for it that Cl element of concentration with which the relative index difference over pure silica glass becomes 0.05% or more is added.

[0018] and the rod 40 -- outside clad pipe 39A -- inserting -- a rod 40 and outside clad pipe 39A -- heating unification -- carrying out -- extending -- further -- the perimeter -- OVD -- an optical fiber preform is manufactured by making into the outside clad section 39 partial 39B which carried out jacket attachment by law or the vacuum arc heating decarbonizing process and which carried out jacket attachment with outside clad pipe 39A.

[0019] Drawing 2 is drawing showing the refractive-index profile of the optical fiber preform concerning this operation gestalt. This optical fiber preform is manufactured by the above-mentioned optical fiber preform manufacture approach. As shown in this drawing, this optical fiber preform is equipped with the 1st clad section 31 (the refractive index n_2 , outer-diameter $2c$) and the outside clad section 39 (refractive index n_{out}) by which the core section 30 (a refractive index n_0 , outer-diameter $2a$) by which GeO_2 was added, support section which consists of pure silica glass substantially 30A (a refractive index n_s , outer-diameter $2b$), and F element were added sequentially from the optical-axis core. Cl element of concentration with which F element of concentration lower than the concentration of F element which the outside clad section 39 is pure silica glass, or was added by the 1st clad section 31 is added, or the relative index difference over pure silica glass becomes 0.05% or more is added. size relation of each refractive index $n_0 > n_{out} > n_1$ it is . Moreover, the thickness $(b-a)$ of support section 30A is $1/2$ or less [of the radius a of the core section 30]. $b-a \leq a/2$ it is . [namely,] In addition, if the thickness of support section 30A exceeds one half of the radii a of the core section 30, it will become difficult to consider as the thing of a request of properties, such as wavelength dispersion of the optical fiber obtained.

[0020] Drawing 3 is a graph which shows the relation between the non-circularity of the optical fiber preform after heating unification, and the thickness of support section 30A. Here, the outer diameter of a rod 40 was set to 12mm, the outer diameter of outside clad pipe 39A was set to 65mm, and the bore was set to 15mm. Relative index difference of the core section 30 was made into 2% on the basis of the refractive index of pure silica glass, relative index difference of the 1st clad section 31 was made into -0.4%, and relative index difference of the outside clad section 39 was made into 0%. the core section 30 and the 1st clad section 31 -- the ratio $(2a/2c)$ of each outer diameter was set to 0.4.

[0021] The non-circularity of the optical fiber preform after heating unification is so small that the thickness of support section 30A is large so that this graph may show, and

polarization mode dispersion PMD of the optical fiber obtained by carrying out wire drawing of this optical fiber preform is small. This is based on the ability of deformation of the rod 40 in the case of heating unification to be prevented from the viscosity of support section 30A which consists of pure silica glass prepared in the rod 40 being high. On the other hand, as for the optical property of the optical fiber obtained by carrying out wire drawing of this optical fiber preform, a difference with a design value becomes large, so that the thickness of support section 30A is large. Then, when making small the difference of the optical property of an optical fiber and design value which are acquired, it is suitable to make thickness of support section 30A or less [of the radius of the core section 30] into $1/2$. An optical fiber is manufactured by carrying out wire drawing of this optical fiber preform. Drawing 4 is a graph which shows the relation between the relative index difference of support section 30A after wire drawing, and wire-drawing tension. Here, relative index difference of the core section 30 of an optical fiber preform was made into 2%, relative index difference of support section 30A was made into -0.4%, and relative index difference of the 1st clad section 31 was made into 0.1%. The outer diameter of the core region (equivalent to the core section 30 of an optical fiber preform) of an optical fiber was set to 2 micrometers, the outer diameter of a support field (equivalent to support section 30A of an optical fiber preform) was set to 3 micrometers, the outer diameter of the 1st clad field (equivalent to the 1st clad section 31 of an optical fiber preform) was set to 5 micrometers, and the outer diameter of an outside clad field (equivalent to the outside clad section 39 of an optical fiber preform) was set to 125 micrometers.

[0022] The relative index difference of the support field of an optical fiber becomes small, so that this graph may show and wire-drawing tension is large. The wire-drawing tension by which this was given on the occasion of wire drawing is based on viscosity concentrating and remaining to a high support field at the time of cooling, it being based on this residual stress, and the refractive index of a support field falling. In order to fully reduce the refractive index of the support field of an optical fiber, it is suitable for this wire-drawing tension that it is more than $147\text{-N}/\text{mm}^2$ ($15\text{kg}/\text{mm}^2$). Thus, the optical fiber (namely, optical fiber which has a desired optical property) which has the refractive-index profile shown in drawing 7 R> 7 can be manufactured by carrying out wire drawing of the optical fiber preform with high tension.

[0023] In addition, when F element of concentration lower than the concentration of F element added by the 1st clad section 31 is added by the outside clad section 39, and when Cl element of concentration with which the relative index difference over pure silica glass becomes 0.05% or more is added by the outside clad section 39, the viscosity of the outside clad section 39 falls. Therefore, since viscosity concentrates on a high support field and remains, without concentrating on the outside clad field of an optical fiber, the wire-drawing tension given on the occasion of wire drawing is suitable when reducing the refractive index of a support field.

[0024] Above, when the optical fiber which has the refractive-index profile shown in drawing 7 was manufactured, the case where the optical fiber preform which has the refractive-index profile shown in drawing 2 was manufactured was explained, but it is also the same as when manufacturing the optical fiber preform which has other refractive-index profiles.

[0025] Drawing 5 is drawing showing the refractive-index profile of the optical fiber preform concerning other operation gestalten. The optical fiber preform which was shown in this drawing and which carries out refractive-index profile ** is the 2nd clad section 32 (a refractive index n_2 , outer diameter of $2d$) (it has further.) between the 1st clad section 31 and the outside clad section 39 as compared with what was shown in drawing 2 . the size relation of each refractive index -- $n_0 > n_2 > n_{out} > n_1$ it is . This optical fiber preform produces the rod containing the core section 30, support section 30A, the 1st clad section 31, and the 2nd clad section 32, it inserts this rod in an external clad pipe (what should serve as the external clad 39), carries out heating unification, extends, and is manufactured by carrying out jacket attachment further. Thus, the optical fiber preform (optical fiber obtained by carrying out wire drawing of this) manufactured also becomes what has small non-circularity.

[0026] Drawing 6 is drawing showing the refractive-index profile of the optical fiber preform concerning other operation gestalten. The optical fiber preform which was shown in this drawing and which carries out refractive-index profile ** has further the 3rd clad section 33 (a refractive index n_3 , outer-diameter $2e$) between the 2nd clad section 32 and the outside clad section 39 as compared with what was shown in drawing 5 . the size relation of each refractive index -- $n_0 > n_2 > n_{out} > n_3 > n_1$ it is . This optical fiber preform produces the rod containing the core section 30, support section 30A, the 1st clad section 31, the 2nd clad section 32, and the 3rd clad section 33, it inserts this rod in an external clad pipe (what should serve as the external clad 39), carries out heating unification, extends, and is manufactured by carrying out jacket attachment further. Thus, the optical fiber preform (optical fiber obtained by carrying out wire drawing of this) manufactured also becomes what has small non-circularity.

[0027]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to the optical fiber preform manufacture approach concerning this invention, the rod with which the support section which consists of pure silica glass substantially was prepared between the core section and the 1st clad section is inserted in an outside clad pipe, the heating unification of these outsides clad pipe and the rod is carried out, jacket attachment is carried out further, and an optical fiber preform is manufactured as explained to the detail. Since deformation of the rod in the case of heating unification is prevented from the viscosity of the support section which consists of pure silica glass prepared in the rod being high, the non-circularity of the manufactured optical fiber preform becomes small.

[0028] The optical fiber preform concerning this invention is manufactured by the above-mentioned optical fiber preform manufacture approach, and its non-circularity is small. In this optical fiber preform, it is suitable for the outside clad section that F element of concentration lower than the concentration of F element added by the 1st clad section is added, and it is suitable for it that Cl element of concentration with which the relative index difference over pure silica glass becomes 0.05% or more is added. The viscosity of the outside clad section falls in these cases. Therefore, since viscosity concentrates on a high support field and remains, without concentrating on the outside clad field of an optical fiber, the wire-drawing tension given on the occasion of wire drawing is suitable when reducing the refractive index of a support field.

[0029] The optical fiber manufacture approach concerning this invention carries out wire drawing of the above-mentioned optical fiber preform, an optical fiber is manufactured,

according to this, to the support field where viscosity is high, it concentrates at the time of cooling, the wire-drawing tension given on the occasion of wire drawing remains at it, it is based on this residual stress, and the refractive index of a support field falls. It is suitable for especially the wire-drawing tension at the time of carrying out wire drawing of the optical fiber preform that it is two or more [147Ns //mm], in this case, it has a desired refractive-index profile and an optical fiber (namely, optical fiber which has a desired optical property) with small non-circularity can be manufactured.

[0030] Moreover, the optical fiber concerning this invention is manufactured using the above-mentioned optical fiber manufacture approach, is a thing, and has a desired refractive-index profile, its non-circularity is small, and its polarization mode dispersion is small.

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.